

令和元年6月20日現在

機関番号：34101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K04460

研究課題名(和文) 図形概念理解のための、プログラミング活用教材開発および算数授業構成についての研究

研究課題名(英文) Study of material contents development and lesson constitution for concept formation of figure

研究代表者

杉野 裕子 (Sugino, Yuko)

皇學館大学・教育学部・教授

研究者番号：10556640

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：算数でプログラミングをさせるには、従来のLOGO言語のタートル幾何では、多角形を描画するために外角の大きさを指定しなければならなかった。そこで、内角で描くための、「辺は」と「角度は」という擬似命令を開発した。これを使って、算数の単元内の授業でプログラミングをした。実際に、プログラミングとその振り返りの過程を通して、児童は図形概念を形成した。図形の性質を言葉で表現することと図形のイメージを多様にすることに、プログラミングが寄与できることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平成29年学習指導要領において、算数では、プログラミングは児童の負担に配慮しつつ、第5学年の正多角形などを作図を行う学習に関連して取り扱うように記述された。本来ならば、小学2年から6年まででプログラミングを自然に扱えることが望ましい。しかしながら、児童でもプログラミング可能なLOGO言語はタートル幾何であり、多角形を描画では、外角を指定する必要がある。本研究では、開発した内角を指定する教材を用いることで、2年長方形と正方形、4年平行四辺形とひし形、5年正多角形、6年拡大図と縮図といった単元内の授業実践が実現し、プログラミングの過程で、どのように図形概念が形成されるかが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：It was natural for turtle geometry to set exterior angles programming polygons originally and the use of LOGO was limited. I developed pseudo primitives to set "Side" and "Angle" so that turtle can turn at interior angle. They were introduced in arithmetic classes practically and concept formations of figure by children were observed.

研究分野：算数数学教育

キーワード：プログラミング 図形概念 LOGO 正多角形 平行四辺形 長方形 拡大 縮小

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

子どもが算数・数学を学習するために作られたプログラミング言語 LOGO は、1987 年に日本語版が出来たものの、普及に至らなかった。小・中学校への 1 人 1 台のコンピュータという施設面の充実の遅れは 2010 年頃から解消されつつある。問題点は、LOGO のタートル幾何で多角形を描画するためには外角を指定しなければならないことである。また、プログラミング言語の汎用性の広さから、教師は、算数の授業において、実際にどの命令を用いてどのようなプログラムを児童に作成させればよいのかが分かりにくい。

さらに、プログラミングによって、図形概念がどのように形成されるのかということが明らかにされていないため、算数・数学学習のどの部分に活用し、どんな活動をさせればよいのかという、具体的な授業設計がされて来なかった。

### 2. 研究の目的

本研究は、「算数用語」を用いたプログラミングは、図形概念の認識過程にどのような影響を与えることができるかについて、算数の授業における学習過程を通して、実証的に明らかにするものである。

### 3. 研究の方法

以下の 3 点を同時並行的に行なった。また、授業実践から、教材コンテンツや授業設計の改良を行うという PDCA サイクルに載せた。

#### (1) 教材コンテンツの開発

算数の授業で使用するプログラミング用の教材を作成した。教材は、学年や単元ごとにコンテンツ化した。プログラミングで使用する命令は、画面上に算数用語のボタンとして置き、クリックまたは、タブレットパソコンでは、タッチ入力ができるようにした。また、命令を実行した場合に、言語と図が逐次表示されるようにした。これは、図形の言語的側面(定義や性質)とイメージ的側面(図)が繋がりをもって発達するよう意図したものである。また、画面を上下に 2 分割して、それぞれにプログラミングをすることができる機能をもたせたことで、2 つの図形を対比して考えることができるようにした。

特に、内角を指定して多角形を描くためには、擬似プリミティブ命令として開発した、「辺は」、  
「角度は」を児童に使わせることで解決を図った。

#### (2) 授業設計と実践

コンテンツを用いた授業実践を行い、プログラミングを活用した授業構成についての指針を示した。実現できた単元は、6 年「拡大図・縮図」、4 年「平行四辺形」、2 年「長方形」である。トピック教材や導入として、「正多角形」も扱った。また、6 年では変数を用いたプログラミングを扱った。このことは、変数の役割について体験的に理解できると同時に、多面的な図形のイメージを変数を用いてひとつに統合することにもなる。変数の学習が行われる高学年に位置づけた。

#### (3) 図形概念の認識過程について

図形概念がどのように成長するかについて、川寄(2005)のモデルを基盤として、プログラミング活動がどう関係するのかについて、プログラミング活動の水準を明らかにすることによって示した。実際の児童の学習過程を観察し、図形概念の認識過程に及ぼす活動を抽出し、モデルのどこにあたるのかを特定していった。また、アンケートなどにより、児童の情意面についても調べた。

### 4. 研究成果

#### (1) 「LOGO プログラミング形態」と「図形概念の理解の様相モデル」の関係

プログラミング形態の変化を次のように水準化した(長方形を例に挙げる)。

形態 : 「長方形」と入力し、画面に出力する形を認知する。教材は教師側でプログラミングしておく。

形態 : 属性である辺や角などの構成要素を 1 命令ごとに入力して、長方形を帰納的に描く。この過程で定義や性質を発見する。色々なサイズの長方形を描く経験を通して、多面的なイメージを形成する。

形態 : 長方形の定義や性質をもとにプロシージャを作成する。プロシージャは、一連の命令をたった 1 語で表現するものであり、シエマを形成することと同型である。いろいろなサイズの長方形のプロシージャをみることで、統合的イメージへの移行の準備となる。

形態 : 変数を用いたプロシージャを作成する。変数によって、いろいろなサイズの図形がひとつにまとめられ、変数にいろいろな数値を入力する経験が、統合的イメージ形成の助けになる。

形態 : 変数を用いた複数の図形のプロシージャ同士を比較して、その違いについて分析的に理解する。プロシージャ間の合成や書き換えが容易にできる。

プログラミング形態と、川寄のモデルの関係を表したものが、図 1 である。川寄は、図形概念の、イメージ的側面と言語的側面に着目し、両者が関連して図形概念が発達していく過程を

様相 ~ 様相 に示した。プログラミングを活用することで、図形概念のどの部分に寄与できるのかについて、関係するもの同士を矢印で示した。プログラミングを活用することによって、変数が図形内と図形外にある場合を、区別して認識しやすくなるという特徴もある。これまで焦点が当たりにくかった図形外の変数は、図形の傾きや、描かれる位置（画面上の座標）を指定するものである。図1では、川崎のモデルの上が図形外に変数がある場合で、下が図形内に変数がある場合である。

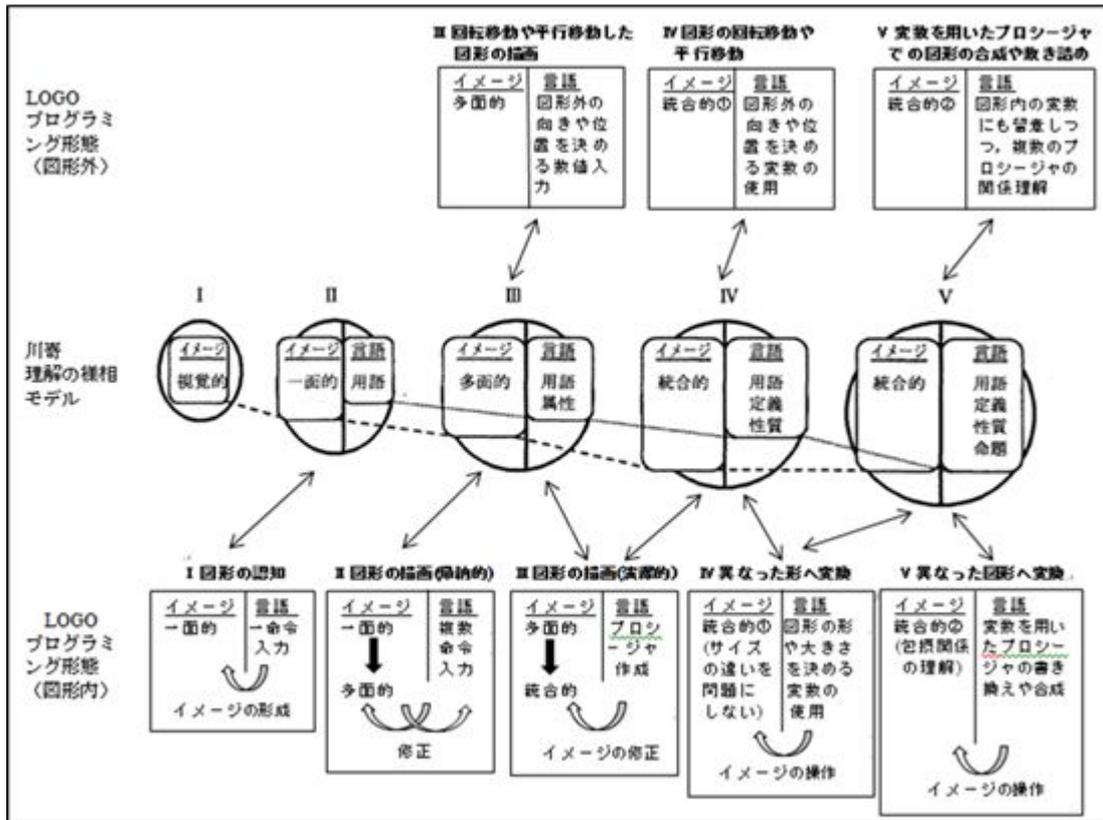


図1

プログラミングで図形を描く活動によって、言語的側面では、帰納的に図形の性質を発見したり、定義を確認したりすることができた。また、演繹的に思考して、プログラムを作成する場合もあった。イメージ面では、コンピュータを使った数多くの図をみることで、多面的イメージを形成する機会となった。また、変数を用いたプロシージャで、図形のイメージを統合を図った。

(2) 6年「拡大図・縮図」

6年では、長方形や平行四辺形を描く課題によってプログラミングの導入を行った。続けて、2画面に分かれた教材コンテンツを用いて、上に描かれた平行四辺形のプログラムと図を観ながら、下に2倍に拡大した平行四辺形のプログラミングを行った(図2)。この活動を通して、児童は、角度は変えないで、辺の長さを全て2倍にすることを体験的に理解した。教科書で扱っている拡大の方法は、マス目を用いたり、1点から拡大したりするため、必ずしも全ての辺が2倍になっていることを意識しないで済んでしまう。

縮小ゲームでは、何が描かれているのかわからない図のプログラムをみて、正しく縮小すると、画面にヨットが現れる「縮小ゲーム」を行った(図3)。辺などの長さを、最小公倍数で全て割ることで、正しく縮小されることを経験した。

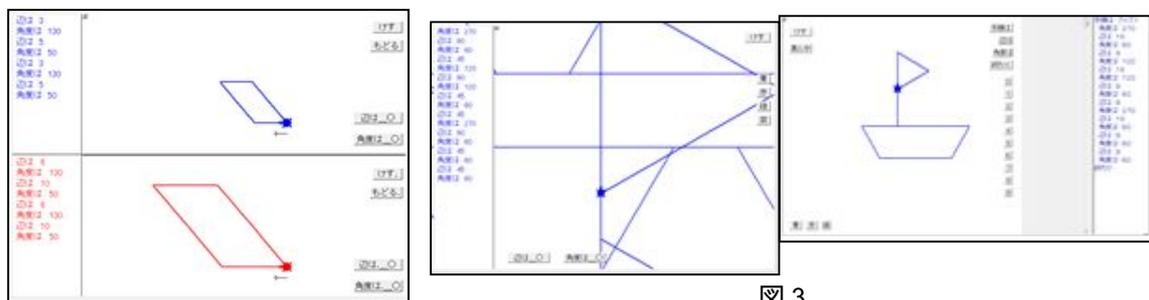


図2

図3

さらに、拡大倍率を変数にして、プロシージャを作成した。変数にいろいろな数値を代入して、拡大図や縮図を観る経験をした。このことで、変数の機能について実感的に体験する機会を与えた。また、1つのプロシージャで、いろいろな大きさの図が描かれることで、拡大図や

縮図のイメージを統合的に捉える機会となった。

### (3)4年「平行四辺形」

4年では、長方形を描く課題でプログラミングの導入を行った。続いて、1つめの角度を  $60^\circ$  にして平行四辺形をプログラミングで描かせた。2つめの角の大きさが間違っていた場合は図4などのように描かれるが、下の画面で修正したプログラミングを行わせた。

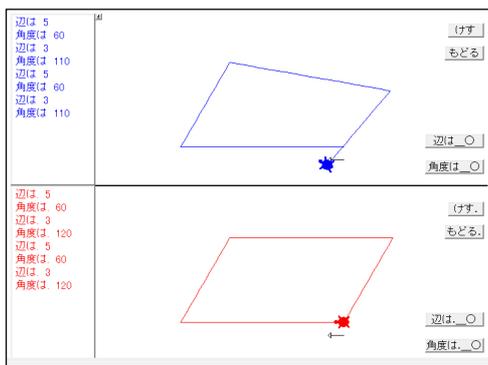


図 4

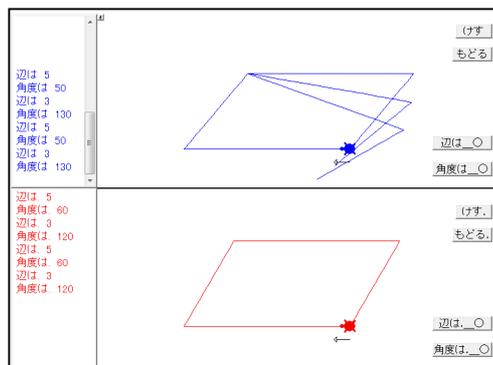


図 5

さらに、1つめの角度を  $50^\circ$  にした場合の2つめの角度を予想させたところ、  
 $110^\circ$  : 1つめの角度同様に  $10^\circ$  減る  
 $120^\circ$  : 何となく

$130^\circ$  : 1つめの角度を  $10^\circ$  減らしたから2つめの角度は  $10^\circ$  増やす

これらに分かれたが、4年では、論理的に説明することはできなかった(これまで、四角形の内角の和について学習した6年では説明ができた)。平行線の性質などに目をむけさせる必要があることが今後の課題である。次いで、図5のように、帰納的に角度を変化させて、 $130^\circ$  が正解であることを確認した。

### (4)2年「長方形」

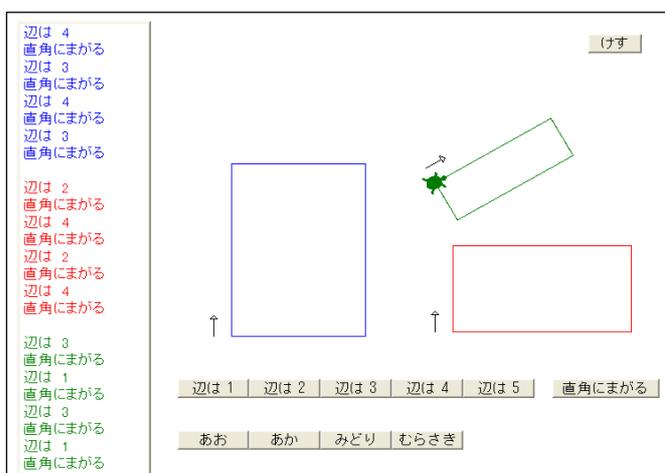


図 6

2年では、図6の教材コンテンツを使用して、長方形のプログラミングを行った。ボタンをタッチすると、画面に図形が描かれ、同時に左の部分に言語も書かれる。ひとつめの長方形は、「辺は 5」、「直角にまがる」、「辺は 3」までを教師が全面スクリーンで描き、続いて児童は1人1台のタブレットに、長方形を完成させる課題にとりかかった。全員が完成させることが出来た。その後言語と図を再確認し、児童から、「向かい合う辺の長さが同じ」という言葉が発表された。

続いて、自由なさまざまな辺の長さで長方形を描く課題を扱い、全員で共有し、長方形の多面的イメージを形成するための活動を行った。授業後のア

ンケートでは、ほとんどの児童が、「またやってみよう」という意欲的な反応であった。

### (5) ICME13 でのポスター発表

2015年の国際数学教育学会(ICME13)において、「Side」、「Angle」などの英語の教材コンテンツを紹介するとともに、これまでの授業実践研究をまとめた報告を行った。

#### <引用文献>

川寄道広, 直感的側面に着目した図形指導過程の研究. 日本数学教育学会 第38回数学教育論文発表会論文集, 2005, 379-384

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

杉野裕子, プログラミングを活用した正多角形についての発展的学習, 日本数学教育学会手記研究大会発表論集, 査読有, 第51回, 2018, 515-518

杉野裕子, 変数を用いたプログラミングによる図形概念形成 - 統合的イメージ形成へ向けて -, 日本数学教育学会 秋期研究大会発表論集, 査読有, 第50回, 2017, 429-432

杉野裕子, 縮小モデルとしてのプログラミング - LOGOによる図形概念形成 -, 日本数学

〔学会発表〕(計 3 件)

Sugino Yuko, CONCEPT FORMATION OF FIGURE BY LOGO PROGRAMMING  
-pseudo primitives making turtle turn at interior angle-, 13<sup>th</sup> International Congress on  
Mathematical Education, 2016

杉野裕子，図形概念を育成するためのプログラミング活用授業 4 年「平行四辺形」の性質  
理解とイメージ形成，日本数学教育学会誌 第 98 号大会特集号，2016

杉野裕子，中根睦美，落合康子，図形概念を育成するためのプログラミング活用授業 6 年  
「拡大図・縮図」のイメージ形成と性質の理解，日本数学教育学会誌 第 97 号大会特集号，  
2015

〔図書〕(計 1 件)

杉野裕子，プログラミングを活用した図形概念形成についての研究 - 教材コンテンツ開発  
と授業実践を通して - ，風間書房，2016，212

〔その他〕

ホームページ等

<https://kogakkan-ict.fcj.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：飯島康之

ローマ字氏名：Iijima Yasuyuki

所属研究機関名：愛知教育大学

部局名：教育学部

職名：教授

研究者番号：20302815

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：中根睦美

ローマ字氏名：Nakane Mutsumi

研究協力者氏名：落合康子

ローマ字氏名：Ochiai Yasuko

研究協力者氏名：水野恵美子

ローマ字氏名：Mizuno Emiko